

# FOICE - LISTA 2 - PARTE 1

Davi Maciel

Versão: 29 de novembro de 2019

## 1 Olho de dragão

Uma lente convergente com distância focal  $f$  é cortada ao longo do plano que contém o eixo óptico. Uma pequena placa preta de espessura  $\delta$  é colocada entre as duas metades da lente (Figura 1). Uma fonte pontual de luz monocromática com comprimento de onda  $\lambda$  é colocada no "novo eixo óptico", a uma distância  $p$  da lente ( $p > f$ ). Quantas franjas de interferência podem ser vistas numa tela colocada a uma distância  $H$  depois da lente, com o plano perpendicular ao eixo óptico? Dados:  $f = 10 \text{ cm}$ ,  $p = 20 \text{ cm}$ ,  $\delta = 1 \text{ mm}$ ,  $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ ,  $H = 50 \text{ cm}$ .

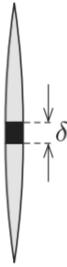


Figura 1: Problema 1

## 2 Padrão fora do padrão

Uma rede de difração é iluminada normalmente por um feixe de luz de comprimento de onda  $\lambda \ll d$ , onde  $d$  é o espaçamento entre as fendas. A rede é incomum: se você enumerar as fendas, as de número ímpar têm largura  $a$  e as de número par têm largura  $b$ , onde  $b < a$  e  $a, b \ll d$ . Um anteparo é colocado a uma distância  $L$  atrás da rede. Como fica o padrão de difração (i) se  $b \ll a$  e (ii) se  $b \approx a$ ?

## 3 Polaroid

a) A luz não consegue ser transmitida através de dois polaróides coaxiais se os seus eixos de polarização estiverem orientados ortogonalmente. Entretanto, se um terceiro polaróide é colocado entre eles, uma fração da luz consegue passar pelos três. Qual é a fração máxima da intensidade incidente que pode ser transmitida nessa situação? Encontre o ângulo correspondente entre o eixo de polarização do primeiro polaróide e o do meio (Figura 2).

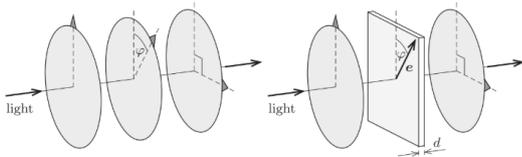


Figura 2: Problema 3

b) Existe uma segunda maneira na qual a luz consegue passar pelos dois polaróides ortogonais: coloca-se, entre e paralelo aos polaróides, uma placa uniforme feita de um material birrefringente. A característica especial dessa placa é

que o seu índice de refração para a luz polarizada paralela a direção do vetor  $\mathbf{e}$ , o qual está no plano da placa (Figura 2), é  $n_1$ , enquanto que para a luz polarizada paralela a direção perpendicularmente a  $\mathbf{e}$  é  $n_2$ . Qual é a fração máxima da intensidade incidente que pode ser transmitida, se o sistema é iluminado (perpendicularmente ao plano dos polaróides e ao da placa) por luz monocromática de comprimento de onda  $\lambda$ ? Encontre a espessura  $d$  da placa apropriada para esse caso. Como devemos escolher a orientação de  $\mathbf{e}$ ?

## 4 Difração numa peneira

Uma placa opaca que possui vários pequenos orifícios distribuídos numa grade quadrada (Figura 3), é iluminada perpendicularmente a sua superfície por um laser monocromático de comprimento de onda  $\lambda$ . Como será o padrão de interferência observado numa tela posicionada a uma distância  $L$  da placa muito maior que as dimensões da própria tela e das distâncias entre os furos na placa? O que acontece com esse padrão de difração quando comprimimos a placa numa direção por um fator  $N$ ?

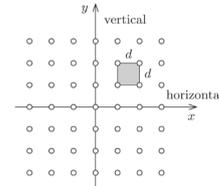


Figura 3: Problema 4

## 5 $\lambda$

Luz monocromática passa através de um orifício num anteparo  $Sc$  (Figura 4) e, sendo refletida a partir de uma placa transparente fina  $P$  (índice de refração  $n$ ), produz franjas de igual inclinação sobre o anteparo. A espessura da placa é igual a  $d$ , a distância entre a placa e o anteparo é  $l$  e os raios dos anéis escuros  $i$ -ésimo e  $k$ -ésimo são iguais a  $r_i$  e  $r_k$ , respectivamente. Assuma que  $r_1 \approx 0$  e  $r_{i,k} \ll l$ . Qual é o comprimento de onda da luz?

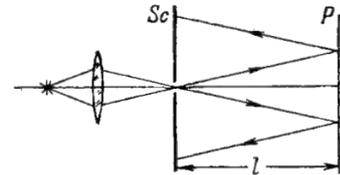


Figura 4: Problema 5

## 6 Ítalon

a) Quando um interferômetro de Fabry-Perot é iluminado por luz monocromática de comprimento de onda  $\lambda$ , um padrão de interferência, o sistema de anéis concêntricos, aparece no plano focal da lente (Figura 5). A distância entre as placas é  $d$ . Determine como o raio dos anéis e a espessura angular das franjas dependem da ordem de interferência.

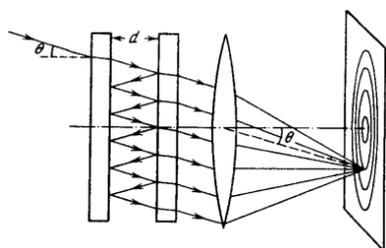


Figura 5: Problema 6

- b) Considere  $d = 2,5 \text{ cm}$  e  $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ . Encontre a maior ordem de interferência e a região de dispersão  $\Delta\lambda$ , isto é, o intervalo espectral dentro do qual ainda não há sobreposição com outras ordens de interferência, se a observação for realizada aproximadamente em um comprimento de onda  $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ .

## 7 Tekpix, a filmadora mais vendida do Brasil

Considere uma câmera digital com um chip CCD (Charge-Coupled Device) quadrado com dimensão linear  $L = 35 \text{ mm}$  tendo  $N_p = 5 \text{ Mpix}$  ( $1 \text{ Mpix} = 10^6 \text{ pixels}$ ). A lente dessa câmera tem uma distância focal  $f = 38 \text{ mm}$ . A bem conhecida sequência de números (2, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22) que aparece na lente refere-se a chamada razão focal, a qual é denotada por  $F\#$  e é definida como sendo a razão da distância focal pelo diâmetro  $D$  da abertura da lente,  $F\# = f/D$ .

- a) Encontre a melhor resolução espacial possível  $\Delta x_{min}$ , no chip, limitada pela lente. Expresse seu resultado em termos do comprimento de onda  $\lambda$  e da razão focal  $F\#$  e dê o valor numérico para  $\lambda = 500 \text{ nm}$ .
- b) Encontre o número  $N$  necessário de  $\text{Mpix}$  que o chip CCD deve possuir para corresponder a essa resolução ótima.
- c) Às vezes, os fotógrafos tentam usar uma câmera na menor abertura prática. Suponha que agora tenhamos uma câmera de  $N_0 = 16 \text{ Mpix}$ , com o tamanho do chip e a distância focal conforme indicado acima. Qual valor deve ser escolhido para  $F\#$  para que a qualidade da imagem não seja limitada pela óptica?
- d) Sabendo que o olho humano tem uma resolução angular de aproximadamente  $\phi = 2'$  e que uma impressora fotográfica típica imprimirá um mínimo de  $300 \text{ dpi}$  (dots per inch/pontos por polegada), a qual distância mínima  $z$  dos seus olhos você deve segurar uma folha printada para que você não consiga ver os pontos individuais?  
Dados:  $1 \text{ polegada} = 25,4 \text{ mm}$ ;  $1' = 2,91 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ .

## 8 Lazer

Um hemisfério transparente de vidro com raio  $R$  e massa  $m$  tem um índice de refração  $n$ . Um feixe paralelo de luz monocromática a laser incide uniforme e normalmente na porção central de sua superfície plana (Figura 6). O raio  $\delta$  da seção transversal circular do feixe laser é muito menor que  $R$ . Tanto o hemisfério quanto o feixe laser são axialmente simétricos com relação ao eixo  $z$ . O hemisfério não absorve nenhuma luz. Despreze todas as reflexões dos raios de luz. Encontre a potência  $P$  do laser necessária para equilibrar o hemisfério.

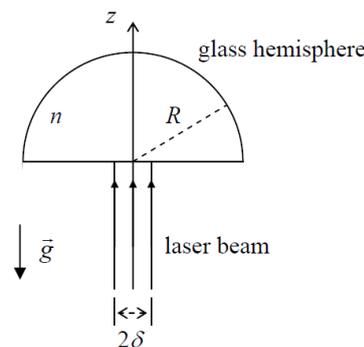


Figura 6: Problema 8

## 9 Anemômetro

Duas ondas luminosas planas coerentes, propagando-se com um ângulo de divergência  $\Psi \ll 1$ , incidem quase normalmente sobre um anteparo. As amplitudes das ondas são iguais. Demonstre que a distância entre os máximos consecutivos sobre o anteparo é igual a  $\Delta x = \lambda/\Psi$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda da luz empregada. Considere agora que o anteparo é um cano com paredes finas e transparentes. Um líquido flui pelo cano. Há uma partícula se movendo junto com o líquido e refletindo luz. Sabendo que um fotodetector detecta a luz proveniente da partícula a uma frequência  $f$ , encontre a velocidade do líquido.

## Respostas

1-  $N = 2 \left\lfloor \frac{\delta^2(p+H)}{2\lambda[H(p-f)-pf]} \right\rfloor + 1 = 47$

3- a) Luz polarizada:  $1/4$ ; Luz não polarizada:  $1/8$ ;  $\varphi = \pm 45^\circ$

b) Luz polarizada:  $1$ ; Luz não polarizada:  $1/2$ ;  $\varphi = \pm 45^\circ$   
 $d = (k+1/2) \frac{\lambda}{|n_1 - n_2|}$

5-  $\lambda \approx \frac{d(r_i^2 - r_k^2)}{4nl^2(i - k)}$

6- a)  $r = f \sqrt{\left[ \left( \frac{2d}{m\lambda} \right)^2 - 1 \right]}$ ;  $\delta\theta = \frac{\lambda}{\sqrt{4d^2 - m^2\lambda^2}}$

b)  $m_{max} = \frac{2d}{\lambda} = 1,0 \cdot 10^5$ ;  $\Delta\lambda \geq \frac{\lambda}{m_{max}} = \frac{\lambda^2}{2d} = 5 \text{ pm}$

7- a)  $\Delta x_{min} = 1,22\lambda F\# = 1,22 \mu\text{m}$

b)  $N = \left( \frac{L}{\Delta x_{min}} \right)^2 \approx 823 \text{ Mpix}$

c)  $F_0 = 11$

d)  $z = \frac{l}{\phi} = \frac{2,54 \times 10^{-2} / 300 \text{ dpi}}{5,82 \times 10^{-4} \text{ rad}} = 14,55 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$

8-  $P = \frac{4mgcR^2}{(n-1)^2\delta^2}$

9-  $v = f\Delta x = f \frac{\lambda}{\Psi}$